

Aplikasi Metoda *Taguchi* Untuk Mengetahui Optimasi Kebulatan Pada Proses Bubut Cnc

Pranowo Sidi, Muhammad Thoriq Wahyudi

Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Sukolilo, Keputih, Surabaya 60111

Telp. 031-5947186, Fax.031- 5925524

Email: pransidi@ppns.ac.id

Abstract

In this paper surface optimization for the surface roundness has been done by considering the cutting parameters as cutting speed, feed rate and depth of cut. The experiments were performed on a CNC lathe, and the materials used for the experiment is steel St.60, with 100 mm length and 1" diameter. For design and optimize the results experiments used Taguchi method, and to predict the level of significance tests that contribute to the unity of the surface is done by ANOVA with Minitab 15 software. From this research the optimized values contributing as cutting speed 60 m/min , feed 0.2 mm/rev and depth of cut 0,125 mm respectively. To find out the extent to which the accuracy of the minimum values of surface roundness, then do validation on parameter values corresponding to the optimization of the minimum value of the parameter.

Keywords: roundness, cutting speed, feeding, depth of cut, Taguchi.

PENDAHULUAN

Pada masa sekarang industri manufaktur berkeinginan menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dalam waktu dan dengan biaya minimum. Untuk mendapatkan produk yang berkualitas yang salah satunya berupa kebulatan perlu didukung oleh proses pemesinan yang gerakannya dikontrol secara otomatis/elektris. Maka dengan mesin CNC diharapkan adanya peningkatan produktivitas sehingga ketelitian geometri dapat tercapai. Kebulatan adalah salah satu parameter kinerja utama yang harus dikendalikan dalam batas yang cocok untuk proses tertentu.

Proses pemesinan dilakukan pada material baja St.60 dengan menggunakan pahat insert. Karakteristik kebulatan dipengaruhi oleh parameter proses pemesinan/pemotongan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai optimum pada proses pemesinan di mesin bubut CNC terhadap kebulatan benda kerja. Parameter proses pemesinan divariasi dengan jumlah tertentu baik faktor maupun

level, pengolahan data dilakukan dengan metode *Taguchi*.

Kebulatan

Sebuah benda yang berbentuk silinder pada dasarnya dalam setiap tempat punya perbedaan jari-jari. Dengan menggunakan alat ukur *dial indicator* pada benda ukur poros hasil proses bubut/plat bubut, serta alat bantu V Block dan dial stand kita dapat melakukan pengukuran kebulatan untuk memeriksa kebulatan benda tersebut. *Dial indicator* dapat digunakan untuk mengukur perubahan ketinggian pada permukaan suatu benda. Jadi dapat diketahui benda tersebut memiliki permukaan yang rata atau tidak. Dengan memanfaatkan prinsip yang sama, sebuah benda yang berbentuk silinder dapat diperiksa kebulatannya. Dengan menetapkan suatu titik pada sisi silinder sebagai acuan (titik nol) kemudian melakukan pengukuran terhadap titik lain dapat diketahui apakah terjadi pelekukan atau penggundukan yang mempengaruhi kebulatan benda tersebut dan seberapa besar nilainya [1].

Proses Bubut

Proses bubut merupakan proses pemesian untuk menghasilkan produk-produk berbentuk silindris yang dikerjakan dengan mesin bubut. Ada beberapa prinsip dasar cara pembubutan, yaitu:

1. Bubut rata, dimana gerakan pahat sejajar dengan arah sumbu putar benda kerja.
- (2). Bubut permukaan, dimana gerakan pahat tegak lurus dengan arah sumbu putar benda kerja.
- (3). Bubut tirus, dimana gerakan pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja.
- (4). Bubut kontur, merupakan pembubutan dengan cara memvariasi kedalaman potong sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan.

Adapun parameter utama dalam proses pembubutan adalah:

Kecepatan potong (*cutting speed* = C_s) adalah merupakan jarak tempuh pemotongan per satuan waktu, ditentukan oleh jenis benda kerja yang dibubut, dan jenis pahat yang digunakan. Berikut ini adalah tabel kecepatan laju pemakanan berdasarkan material benda kerja dan material pahat:

$$C_s = \frac{\pi d n}{1000} \left(\frac{m}{menit} \right) \quad (1)$$

Dimana:

C_s = kecepatan potong (m/menit)
 d = diameter benda kerja (mm)
 n = kecepatan putar benda kerja (rpm)

Gerak pemakanan (*feed rate* = f) merupakan jarak yang ditempuh pahat setiap benda kerja berputar satu kali (mm/menit).

$$f = n \times f_t \times N_r \left(\frac{mm}{menit} \right) \quad (2)$$

Dimana:

F = gerak pemakanan (mm/menit)
 n = kecepatan putar benda kerja (rpm)
 f_t = feet per teeth (mm)
 N_r = Number of teeth

Kedalaman pemakanan (*depth of cut* = a) merupakan tebal benda kerja yang

terpotong dalam setiap tahap laju pemakanan (mm)

METODE DESAIN EKSPERIMEN

Desain eksperimen dewasa ini mendapat perhatian yang meningkat sebagai alat manajemen dengan mengamati, menilai, membanding sifat sifat penting suatu produk dengan suatu bentuk baku. Berbagai prosedur dalam optimasi karakteristik mutu suatu produk yang banyak melibatkan cara sampling dan prinsip statistika, Pengguna utama desain eksperimen tentunya ialah perusahaan industri. Jelaslah sudah bahwa desain eksperimen adalah metode yang tepat guna meningkatkan mutu produk yang sedang dikerjakan dan menaikkan keuntungan. Khususnya hal ini benar karena pada saat ini produk dibuat dalam jumlah besar.

Secara umum tujuan desain ekaperimen adalah:

- a Menentukan variabel input (faktor) yang berpengaruh terhadap respons.
- b Menentukan variabel input yang membuat respons mendekati nilai yang diinginkan.
- c Menentukan variabel input yang menyebabkan variasi respon kecil.

Hasil eksperimen akan memungkinkan pemodelan hubungan antara faktor dengan karakteristik yang sedang diteliti. Pengetahuan hubungan antara faktor dengan karakteristik yang sedang diteliti digunakan untuk memperbaiki mutu produk dan

proses dengan:

- a Optimalisasi nilai rata rata karakteristik produk/proses.
- b Minimasi variasi karakteristik produk/proses.
- c Minimasi dampak dari variasi yang tidak dapat dikendalikan [2].

Langkah-langkah dalam desain eksperimen

Dalam eksperimen memerlukan tahap-tahap penting yang berguna agar desain mengarah pada hasil yang diinginkan. Berikut adalah langkah-langkah melakukan desain eksperimen:

- a. Mengetahui Permasalahan
- b. Memilih variabel Respons
- c. Memilih Metode Desain Eksperimen
- d. Melaksanakan Eksperimen
- e. Analisis Data
- f. Membuat Kesimpulan dan Keputusan

Pada dasarnya terdapat tiga macam desain eksperimen untuk memperbaiki kualitas mutu, yaitu desain faktorial, desain Taguchi dan desain response surface.

Metode Taguchi

Metode ini merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*. Definisi kualitas menurut Taguchi adalah kerugian yang diterima oleh masyarakat sejak produk tersebut dikirimkan. Filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari tiga buah konsep, yaitu:

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya.
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target.
3. Produk harus didesain sehingga *robust* terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
4. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Metode Taguchi merupakan *off-line quality control* artinya pengendalian kualitas yang preventif, sebagai desain produk atau proses sebelum sampai pada produksi di tingkat *shop floor*. *Off-line quality control* dilakukan pada saat awal dalam *life cycle product* yaitu perbaikan pada awal untuk menghasilkan produk (*to get right first time*). Kontribusi Taguchi pada kualitas adalah:

1. **Loss Function:** Merupakan fungsi kerugian yang ditanggung oleh masyarakat (produsen dan konsumen) akibat kualitas yang dihasilkan. Bagi produsen yaitu dengan timbulnya biaya kualitas sedangkan bagi konsumen

adalah adanya ketidakpuasan atau kecewa atas produk yang dibeli atau dikonsumsi karena kualitas yang jelek.

2. **Orthogonal Array:** Digunakan untuk mendesain percobaan yang efisien dan digunakan untuk menganalisis data percobaan. Ortogonal array juga digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *orthogonal array* terletak pada pemilihan kombinasi level dari variabel-variabel input untuk masing-masing eksperimen.
3. **Robustness:** Meminimasi sensitivitas sistem terhadap sumber-sumber variasi.

Perancangan Eksperimen Taguchi

Desain Eksperimen merupakan evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuan mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu. Beberapa langkah yang diusulkan oleh Taguchi untuk melakukan eksperimen secara sistematis, yaitu:

- a. Perumusan masalah
- b. Tujuan eksperimen
- c. Mengidentifikasi faktor bebas dan tidak bebas
- d. Menentukan level setiap faktor
- e. Identifikasi interaksi antar faktor kontrol
- f. Memilih Orthogonal Array
- g. Persiapan Percobaan
- h. Melakukan eksperimen dan menganalisis hasil dengan ANOVA
- i. Analisa data
- j. Interpretasi hasil
- k. Konfirmasi.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yang dimulai dengan studi literatur, menetapkan rumusan masalah dan batasan masalah, menentukan parameter, melakukan pengujian, analisis data serta pembahasan hasil pengujian dan menarik kesimpulan.

Menentukan jumlah level setiap faktor

a. Kecepatan potong (*cutting speed*)

Kecepatan potong ditentukan oleh jenis material dan jenis pahat yang dipakai. Berdasarkan *table of turning speed* (tabel 1), dengan material *carbon steel* dan jenis pahat *carbide*, maka kecepatan potongnya antara 45-60 m/menit. Level yang diambil adalah: 45; 52,5 dan 60 m/menit

Tabel 1. Turning Cutting Speed

Material	Tool material			
	High-speed steel	Super-high-speed steel	Stellite	Tungsten carbide
Aluminium alloys	70-100	90-120	> 200	> 350
Brass, free cutting	70-100	90-120	170-250	350-500
Bronze	40-70	50-80	70-150	150-250
Grey cast iron	35-50	45-60	60-90	90-120
Copper	35-70	50-90	70-150	100-300
Magnesium alloys	85-135	110-150	85-135	85-135
Monel metal	15-20	18-25	25-45	50-80
Mild steel	35-50	45-60	70-120	—
High tensile steel	5-10	7-12	20-35	—
Stainless steel	10-15	12-18	30-50	—
Thermosetting plastic	35-50	45-60	70-120	100-200

b. Gerak pemakanan (*feed rate*)

Gerak pemakanan yang biasa dipakai dalam proses bubut di mesin CNC Bubut merk F-1 Leadwell adalah antara 0.1 mm/putaran sampai 0.2 mm/putaran. Angka tersebut diambil berdasarkan pertimbangan kemampuan potong efektif dari material pahat terhadap material yang dikerjakan, sehingga level yang diambil adalah: 0,1 ; 0,15 dan 0,20 mm/menit

c. Kedalaman pemakanan (*depth of cut*)

Kedalaman pemakanan yang di ambil adalah kedalaman yang sering digunakan dalam proses pembubutan di mesin CNC F-1 Leadwell dengan mengambil tiga level yaitu: 0,125; 0,250 dan 0,375

Tabel 2 menunjukkan faktor-faktor dan level-level yang dipilih dalam penelitian ini

Tabel 2. Faktor dan level yang dipilih dalam pembubutan

Faktor	0	1	2
Kecepatan potong (m/min)	45	52.5	60
Gerak pemakanan (mm/mnt)	0.1	0.15	0.20
kedalaman pemakanan (mm)	0.125	0.25	0.375

Memilih matriks orthogonal yang dipakai Matriks standar untuk eksperimen dengan jumlah level 3 adalah:

$L_9(3^4)$, $L_{27}(3^{13})$ dan $L_{81}(3^{40})$. Matriks orthogonal yang dipilih adalah matriks yang memiliki nilai derajat kebebasan sama atau lebih besar dari nilai derajat kebebasan eksperimen.

Derajat kebebasan untuk matriks $L_9(3^4)$

Dimana:

L : rancangan bujur sangkar latin

9 : banyaknya baris atau eksperimen

3 : banyaknya level

4 : banyaknya kolom atau faktor

Derajat kebebasan $L_9(3^4) = (\text{banyak faktor}) \times (\text{banyak level} - 1) = 4 \times (3-1) = 8$

Jadi, matriks orthogonal yang dipilih adalah matriks $L_9(3^4)$

Matriks Ortogonal Standar dengan 3 Level

Matriks ortogonal adalah suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor yang dapat diubah dalam eksperimen. Baris merupakan kombinasi level dari faktor dalam eksperimen. (Soejanto, 2009)

Tabel 3 menunjukkan matrik ortogonal matriks $L_9(3^4)$, yang mempunyai 3 faktor dan 3 level.

Tabel 3. Matriks Orthogonal $L_9(3^4)$

Nomor Eksperimen	Nomor Kolom			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1
Basic mark	a	b	ab	ab ²
Assignment	A	B	e	C

Analisis Varians (ANOVA) Dua Arah

Analisis varians dua arah digunakan untuk data eksperimen yang memiliki dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih. Tabel analisis terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan F-rasio. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam ANOVA:

Rasio S/N

Rasio S/N (*Signal to Noise*) digunakan untuk mengetahui level faktor mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen. Karakteristik Rasio S/N yang dipakai adalah *smaller is Better*. Model matematisnya adalah sebagai berikut:

$$\text{rasio } S/N_1 = -10 \times \log \left(\frac{1}{n} \sum y^2 \right) \quad (3)$$

Dimana:

N = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

Anova

Analisis of Varians *Signal to Noise* (S/N)

Uji hipotesis

Uji hipotesis F dilakukan dengan cara membandingkan variansi yang disebabkan masing-masing faktor dan variansi error. Variansi error adalah variansi setiap individu dalam pengamatan yang timbul karena faktor yang tidak dapat dikendalikan.

Hipotesis pengujian dalam suatu percobaan adalah:

H_0 : tidak ada pengaruh perlakuan
 H_1 : ada pengaruh perlakuan paling sedikit ada satu yang tidak sama.

Apabila uji F lebih kecil dari nilai F tabel, maka H_0 diterima atau berarti tidak ada pengaruh perlakuan. Namun jika uji F lebih besar dari nilai F tabel, maka H_0 ditolak berarti ada pengaruh perlakuan.

Pooling up faktor

Pooling up dirancang untuk mengestimasi variansi error pada analisis varians. *Pooling up* akan mengakumulasi beberapa variansi error dari beberapa faktor yang kurang berarti.

Persen kontribusi

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor dan interaksi, terlebih dahulu dihitung SS':

$$SS'_{\text{Faktor}} = SS_{\text{Faktor}} - MS_{\text{error}} (V_V) \quad (4)$$

Persen kontribusi masing-masing faktor dihitung dengan rumus:

$$\mu = \frac{SS'_{\text{faktor}}}{SS_T} \times 100\% \quad (5)$$

Prediksi kebulatan dan rasio S/N kondisi optimum

Setelah diketahui konfigurasi faktor-level yang menghasilkan kebulatan optimum, kita bisa memprediksi rasio S/N -nya.

Model persamaan kebulatan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{\text{prediksi}} = \mu + (v_3 - \mu) + (f_3 - \mu) + (a_1 - \mu) \quad (6)$$

Tingkat kepercayaan rata-rata kebulatan adalah $(1-\alpha)$ sehingga interval kepercayaannya adalah:

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan perkiraan rata-rata}} \quad (7)$$

Dimana: n_{eff} : Jumlah pengamatan efektif

$$CI = \pm \sqrt{F_{(0.05;1;4)} \times MS_{\text{error}} \times \frac{1}{n_{\text{eff}}}} \quad (8)$$

Dimana:

CI : interval kepercayaan

$$\mu_{\text{prediksi}} - CI \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq \mu_{\text{prediksi}} + CI$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari percobaan didapatkan data-data kebulatan dalam satuan μm (mikron) .

Data hasil Percobaan

Dari hasil percobaan yang dilakukan, kemudian dimasukkan dalam Tabel 4. seperti di bawah.

Tabel 4. Data hasil percobaan

Exp. No	Cutting Speed	Feed	DOC	Roundness (μm)		
				1	2	3
1	45	0.10	0.125	134.4	144.8	115.2
2	45	0.15	0.250	171.8	229.0	171.4
3	45	0.20	0.375	228.2	212.6	153.6
4	52.5	0.10	0.250	142.2	289.4	183.6
5	52.5	0.15	0.375	217.8	177.4	169.0
6	52.5	0.20	0.125	119.2	92.6	115.2
7	60	0.10	0.375	165.2	106.6	154.4
8	60	0.15	0.125	77.2	86.0	98.4
9	60	0.20	0.250	103.2	116.4	117.6

Anova

Untuk mencaari ANOVA di gunakan perangkat lunak Minitab 15. Tabel 5 di bawah menunjukkan nilai F dan P uji kontribusi dari parameter potong secara individu.

Tabel 5. Nilai F dan P Uji kontribusi

Source	DF	Seq SS	Adj SS	F	P
Cutting Speed	2	19334	19334	8.30	0.002
Feed Rate	2	1936	1936	0.83	0.450
Depth of cut	2	24412	24412	10.48	0.001
Error	20	23301	23301		
Total	26	68983			

Menghitung Rasio S/N

Data yang ada kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk rasio S/N untuk mencari faktor yang berpengaruh

pada variansi kebulatan. S/N untuk karakteristik yang digunakan adalah semakin kecil semakin baik (*Smaller is Better*) dimana persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\text{rasio } S/N_1 = -10 \times \log \left(\frac{1}{n} \sum y^2 \right) \quad (9)$$

Di bawah adalah contoh perhitungan dilakukan Rasio S/N pada eksperimen 1 dan Tabel 6 menunjukkan Rasio S/N keseluruhan, dalam hal sebanyak 9 percobaan dengan 2 replikasi.

$$\text{rasio } S/N_1 = -10 \times \log \frac{(134 + 145 + 115)^2}{3} = -42.41$$

Tabel 6 adalah tabel hasil perhitungan nilai rasio S/N dari eksperimen 1 sampai eksperimen 9.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Rasio S/N

Ex No	Condition	Replicated (μm)			Average	S/N
		1	2	3		
1	$v_1; f_1; a_1$	134	145	115	131.5	-42.41
2	$v_1; f_2; a_2$	172	229	171	190.7	-45.70
3	$v_1; f_3; a_3$	228	213	154	198.1	-46.05
4	$v_2; f_1; a_2$	142	289	184	205.1	-46.62
5	$v_2; f_2; a_3$	218	177	169	188.1	-45.54
6	$v_2; f_3; a_1$	119	92.6	115	109	-40.80
7	$v_3; f_1; a_3$	165	107	154	142.2	-43.19
8	$v_3; f_2; a_1$	77.2	86	98.4	87.2	-38.85
9	$v_3; f_3; a_2$	103	116	118	112.4	-43.03

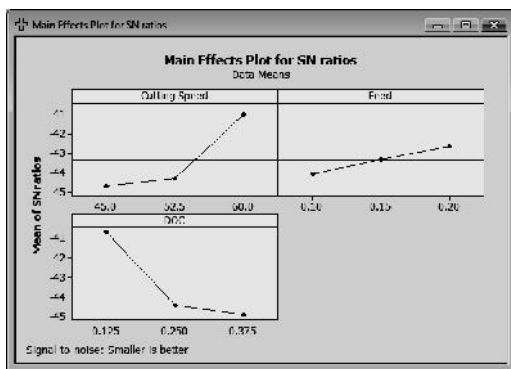
Menghitung pengaruh level dari faktor terhadap kebulatan

Perhitungan nilai rasio S/N kebulatan melalui kombinasi level dari masing-masing faktor sebagai contoh dapat dilihat di bawah ini

$$v = \frac{(-42.41) + (-45.70) + (-46.05)}{3} = -44.72$$

Tabel 7. Respon rasio S/N kebulatan dari pengaruh faktor

level	v	f	a	er
1	- 44.72	- 44.07	- 40.69	-42.99
2	- 44.32	- 43.36	- 44.45	-44.45
3	- 41.02	- 42.63	- 44.93	-44.93
delta	3.70	1.45	4.24	0.846
rank	2	3	1	4



Gambar 1. Grafik kesan nilai S/N parameter terhadap kebulatan

Dari Tabel 7 dan Gambar 1 di atas terlihat bahwa nilai delta tertinggi adalah pada kedalaman pemakanan, kecepatan potong dan yang paling rendah adalah gerak pemakanan.. Sehingga nilai target Smaller is Better adalah nilai rata-rata rasio S/N level tertinggi setiap faktor, yakni:

Kecepatan potong $v_3 = 60 \text{ m}/\text{menit}$
 Gerak pemakanan $f_3 = 0.2 \text{ mm}/\text{menit}$
 Kedalaman pemakanan $a_1 = 0.125 \text{ mm}$

Tabel 8 menunjukkan hasil ANOVA yang dilakukan dengan software MINITAB 15

Tabel 8. Analysis of Variance for S/N

Source	D F	Seq SS	Adj SS	F	P
Cutting Speed	2	24.0313	24.0313	29.92	0.032
Feed Rate	2	2.6259	2.6259	3.274	0.024
Depth of cut	2	31.0274	31.0274	38.64	0.025
Error	20	0.8031	0.8031		
Total	28	58.4876			

Dari tabel 8 terlihat bahwa *feed rate* (kecepatan pemakanan) tidak berpengaruh dalam proses bubut untuk menentukan kebulatan

Penentuan nilai prediksi kebulatan dan rasio S/N optimal

Seperti diketahui bahwa faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap rasio S/N kebulatan maksimum adalah v_3 ; f_3 ; a_1 , sehingga nilai prediksi sesuai dengan model persamaan adalah

- a. Prediksi nilai kebulatan

$$\begin{aligned} \mu_{\text{roundness}} &= 151.57 + (113.89 - 151.57)) \\ &\quad + (139.84 - 151.57) \\ &\quad + (109.22 - 151.57) \\ &= 59.81 \mu\text{m} \end{aligned}$$

- b. Prediksi nilai rasion S/N

$$\begin{aligned} \mu_{\text{rasio S/N}} &= -43.252 + (-41.02 - (-43.252)) \\ &\quad + (-42.63 - (-43.252)) \\ &\quad + (-40.7 - (-43.252)) \\ &= -37.835 \end{aligned}$$

Konfirmasi

Konfirmasi dilakukan dilakukan sesuai dengan setting nilai optimasi (v_3 f_3 a_1) yakni *Cutting Speed* = $60 \text{ m}/\text{menit}$; *Feed rate* = $0.2 \text{ mm}/\text{putaran}$; *Depth of Cut* = 0.125 mm . Tujuan konfirmasi adalah untuk mengetahui hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan statistik. Tabel 9 dibawah adalah hasil konfirmasi yang kemudian dirata-ratakan,

sehingga didapatkan nilai kebulatan sebagai hasil akhir.

Tabel 9. Nilai konfirmasi

Sampel	kebulatan
1	60.2
2	58.3
3	59.1
Rata-rata	59.2

Jadi nilai rata-rata kebulatan adalah 59.2 μm dan nilai prediksi kebulatan 59.81 μm .

$$\text{jadi Nilai Deviasi} = \frac{59.81 - 59.2}{59.81} = 1.02\%$$

Di sini terlihat perbedaan minimum dari nilai diprediksi dan yang diamati nilai dari percobaan konfirmasi ini adalah sebesar 1.02%

KESIMPULAN

Dari hasil analisis pembubutan paduan titanium menggunakan konsep rasio S/N dan analisis varian, dapat disimpulkan bahwa Disain metoda *Taguchi* adalah sesuai untuk menentukan keadaan optimum proses pemesinan dalam hal mendapatkan nilai kebulatan yang rendah, Faktor yang paling signifikan untuk nilai kebulatan pada proses membubut St.60 adalah kedalaman pemakanan, dan Kondisi optimum pemesinan untuk mendapatkan nilai kebulatan yang terbaik adalah pada kecepatan potong 60 m/min, gerak pemakanan 0.2 mm/rev, kedalaman pemakanan 0.125 mm

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rochim, Taufiq, 1994, *Spesifikasi Geometris Metrologi Industri & Kontrol Kualitas*, KBK Teknik Produksi, Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITB, Bandung.
- [2] Vandenbrande, Willy. 2005. *Perbaikan Kualitas Pada Perancangan*. Bandung, ITB Bandung.
- [3] Rochim, Taufiq, 1997, *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*, Higher Education Development Support Project, Teknik Produksi, Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITB, Bandung.
- [4] Boothroyd, G., (1975), *Fundamental of Metal Machining and Machine Tool*, Hemissphre Publising Co.
- [5] Montgomery, DC., and Peck, E.A., 1982 *Introduction Linear Regression Analysis*, New York.
- [6] Soejanto, Irwan, 2009, *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.